

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
26 juillet 2001 (26.07.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/53891 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G03F 7/20,
H01J 37/30, 37/305, 37/317

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR00/03392

(22) Date de dépôt international :
5 décembre 2000 (05.12.2000)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/00764 21 janvier 2000 (21.01.2000) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : X-ION
[FR/FR]; 17, rue Georges Bizet, F-75116 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : LAZZARI,
Jean-Pierre [FR/FR]; 45, chemin de Malanot, F-38700
Corenc (FR). LE ROUX, Vincent [FR/FR]; 37, boule-
vard de Grenelle, F-75015 Paris (FR). BORSONI, Gilles
[FR/FR]; 25, rue des Genêts, F-91190 Gif sur Yvette (FR).
GIARDINO, Gianni [FR/FR]; 8, rue Château Landon,
F-75010 Paris (FR).

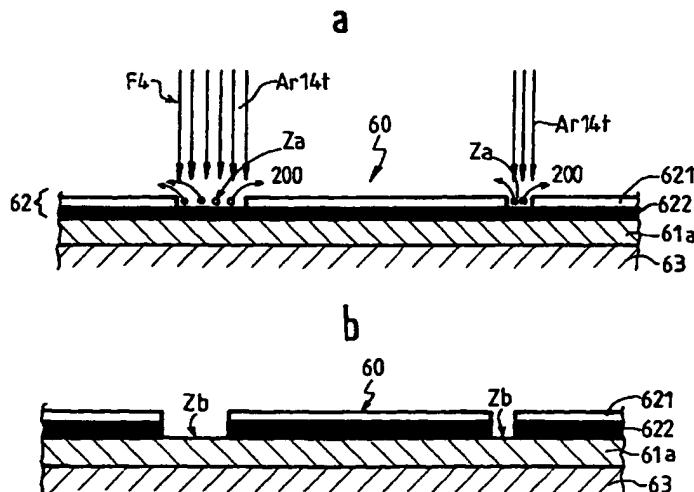
(74) Mandataires : ORES, Irène etc.; Cabinet Ores, 6, avenue
de Messine, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR IONIC LITHOGRAPHY, HIGH CONTRAST COATING, EQUIPMENT AND RETICLE THEREFOR

(54) Titre : PROCEDE DE LITHOGRAPHIE IONIQUE, REVETEMENT A FORT CONTRASTE, EQUIPEMENT ET RETI-
CULE DE MISE EN OEUVRE



(57) Abstract: The invention concerns a method implemented by an equipment comprising a source of ions, means for shaping an ion beam, decelerating means and a transmitting or reflecting reticle, for cutting out a profile corresponding to micro-patterns to be produced in the layer underlying (61a) the substrate to be etched (63) after being concentrated through a reducing ionic optics. The beam F4 of ions AR¹⁺ etches the micro-patterns in the first dielectric layer (621) of a multilayer coating in accordance with specific interactions. The dielectric layer (621), cut out into zones to be etched (Za), forms an etching mask RIE for an undercoat (622) of the coating (62) in conductive or semiconductor material. Trenches (Zb) are formed by the two successive etching processes and in turn act as a mask for etching the underlying layer (61a) of the substrate (63).

[Suite sur la page suivante]

WO 01/53891 A1



NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

- (84) **États désignés (regional)** : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé** : Le procédé selon l'invention est mis en oeuvre par un équipement du type comportant une source d'ions, des moyens de mise en forme du faisceau d'ions, des moyens de décélération et un réticule à transmission ou à réflexion, pour découper un profil correspondant aux micromotifs à réaliser dans la couche sous-jacente (61a) du substrat à graver (63), après concentration à travers une optique ionique réductrice. Le faisceau F4 d'ions AR¹⁴⁺ grave les micromotifs dans la première couche diélectrique (621) d'un revêtement multicouche (62) selon des interactions spécifiques. La couche diélectrique (621), découpée selon les zones de gravure (Za), forme un masque de gravure RIE pour une sous-couche (622) du revêtement (62) en matériau conducteur ou semi-conducteur. Des tranchées (Zb) sont formées par les deux gravures successives et servent à leur tour de masque à la gravure de la couche sous-jacente (61a) du substrat (63).

**PROCEDE DE LITHOGRAPHIE IONIQUE, REVETEMENT A FORT
CONTRASTE, EQUIPEMENT
ET RETICULE DE MISE EN ŒUVRE**

L'invention concerne un procédé de lithographie par voie ionique d'une tranche de matériau semi-conducteur, ainsi qu'un revêtement à fort contraste pour la tranche de semi-conducteur à graver, un équipement et un réticule particulièrement adaptés à sa mise en œuvre.

L'invention s'applique au domaine de la micro-électronique notamment sur tranche de silicium, et plus particulièrement à la fabrication de circuits intégrés, de mémoires à très haute densité d'intégration et autres composants, notamment appliqués aux microsystèmes ou aux micro-usinages.

Pour réaliser ces micromotifs, il est procédé successivement à une lithographie suivie d'une gravure de la couche sous-jacente, qui peut être une couche d'interconnexion, une couche de masquage ou d'implantation ionique pour le dopage. La lithographie par radiations lumineuses ou photolithographie est la plus connue. Elle consiste à napper la couche sous-jacente d'une tranche de silicium d'une résine photosensible, puis à insoler sélectivement la photorésine à l'aide d'un rayonnement ultraviolet à travers un masque dont les motifs représentent ceux du circuit intégré. Une image est ainsi déposée et développée dans la résine.

Les zones de la couche sous-jacente non protégées par le masque de la résine restante, sont gravées par attaque ionique réactive dite RIE (initiales de « Reactive Ionic Etching » en terminologie anglo-saxonne), ou par attaque chimique pour graver la couche sous-jacente selon les contours des motifs souhaités. Le reste de la résine est enfin éliminé à l'aide d'un solvant sélectif. Selon les besoins, la couche sous-jacente de la tranche de silicium peut être une couche conductrice, par exemple d'aluminium ou de tungstène, une couche diélectrique, comme du SiO₂, Si₃N₄, Ta₂O₅, TiO₂, WO₃, Al₂O₃, NiO, etc., ou une couche semi-conductrice.

Cependant, les procédés photolithographiques sont de plus en plus délicats à mettre en œuvre du fait que les motifs à réaliser ont des dimensions de plus en plus réduites, par exemple sensiblement inférieures au micron : on parle alors de micromotifs et de procédés microlithographiques. De

plus, les circuits, de plus en plus complexes, nécessitent à l'heure actuelle la superposition de plus de dix niveaux de masquage, ou même davantage, avec des précisions pouvant aller jusqu'à la centaine d'angstroms et même au-delà.

Pour augmenter la résolution de l'image enregistrée, il est
5 apparu nécessaire d'utiliser un rayonnement d'insolation pour la lithographie de plus courte longueur d'onde possible, associée à une énergie la plus élevée possible. C'est ainsi que, comme décrit dans l'article du journal « Semiconductor International » de mars 1999, intitulé « Next Generation Lithography Tools : The Choices Narrow », les équipements actuels utilisent
10 des lasers excimères de longueur d'onde égale à 248nm, dans des dispositifs appelés DUT (initiales de « Deep Ultra Violet », c'est-à-dire « ultraviolet profond » en terminologie anglo-saxonne).

Des dispositifs utilisant une longueur d'onde encore plus courte sont également décrits. Ces dispositifs, appelés EUV (initiales de « Extrem
15 Ultra Violet », « ultraviolet extrême » en terminologie anglo-saxonne), mettent en œuvre un rayonnement de longueur d'onde égale à 157 nm, proche des rayons X mous. Les EUV fonctionnent sous vide et utilisent comme source un jet supersonique de Xénon chauffé par un laser de type Nd:YAG, produisant
20 des radiations d'énergie de l'ordre de 45 eV. Cette solution est complexe et coûteuse à mettre en œuvre. Ce type de technologie définit la limite de ce qu'il est possible d'obtenir en optimisant les performances purement optiques.

D'autres technologies non optiques se sont développées, basées sur l'utilisation de rayons X, de faisceaux d'électrons, ou de faisceaux ioniques.

25 La lithographie par projection ionique (IPL) présente l'avantage d'utiliser des sources puissantes combinées à des dispositifs de concentration de faisceau performants. Selon cette technique, le faisceau d'ions (hydrogène ou hélium) provenant d'une source à électrodes multiples est homogénéisé, - mise en forme et parallélisme du faisceau, charge et vitesse uniforme des ions
30 sélectionnées -, puis projeté sur la résine après avoir traversé le réticule. La présente invention relève du domaine de la lithographie ionique.

Les techniques lithographiques non optiques combinent l'utilisation d'un réticule, servant de masque, d'un réducteur pour former un

faisceau d'insolation concentré, et d'une résine sensible aux particules sur laquelle se projette ce flux. Après révélation et élimination des zones insolées, la résine sert de protection à la gravure de la couche sous-jacente.

Chaque type de lithographie, optique ou non optique, met en œuvre une résine adaptée au rayonnement ou aux particules utilisées. Cependant, les motifs devenant de dimensions de plus en plus réduites, l'épaisseur de la résine tend également à diminuer. La résine peut alors être attaquée pendant la gravure de la couche sous-jacente. De plus, cette couche présente habituellement un relief accentué, alors que la résine déposée par centrifugation tend à se planarisier. Dans ces conditions, la résine a une épaisseur inégale, ce qui ne permet pas une bonne optimisation des conditions d'insolation.

De plus, l'utilisation de résine nécessite la mise en œuvre d'opérations délicates et complexes, dont le résultat final dépend de nombreux facteurs, tels que l'humidité, la température ou la viscosité de la résine :

- le dépôt de la résine à l'état liquide par centrifugation nécessite de nombreuses mises au point pour obtenir une couche la plus homogène possible, alors que des traînées de résine persistent en particulier si la topographie de la couche sous-jacente est trop marquée ;
- les étapes de durcissement et d'insolation doivent être contrôlées avec précision en durée et intensité ;
- la révélation se fait par trempage ou par centrifugation d'un solvant;
- le plasma de gravure fait fluer la couche sous-jacente en la chauffant, ce qui modifie les dimensions des motifs.

L'invention vise à réaliser une lithographie ionique à haute résolution et haute fiabilité, et qui ne présente pas les inconvénients précédés, en particulier ceux liés à l'utilisation d'une résine. Pour ce faire, l'invention combine l'utilisation d'un faisceau d'ions multichargés, optimisés pour obtenir la résolution désirée, et d'un revêtement déposé sur la couche sous-jacente à graver, apte à être éliminé sélectivement par des mécanismes d'interaction spécifique.

Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé de lithographie ionique pour un substrat, notamment une tranche de semi-conducteur, recouvert d'une couche sous-jacente dans laquelle des micromotifs sont à réaliser, du type comportant une source d'ions et un réticule pour une mise en forme du faisceau d'ions dont le profil d'intensité est découpé pour correspondre aux micromotifs à réaliser dans la couche sous-jacente, après passage à travers une optique ionique de réduction. Selon le procédé de l'invention, les ions sont produits et traités sous vide. Les ions sont décélérés, après avoir été sélectionnés en charge, en vitesse, en direction, en densité et après découpe du faisceau sur le réticule selon le profil d'intensité souhaité, les ions interagissent avec un revêtement multicouche déposé sur la couche sous-jacente. Le faisceau ionique découpe alors les micromotifs dans la première couche diélectrique de ce revêtement, pour servir de masque à au moins une gravure ionique réactive de type RIE (initiales de Reactive Ionic Etching en terminologie anglo-saxonne) destinée à former ces mêmes micromotifs dans la couche sous-jacente.

Selon un mode particulier du procédé de l'invention, le faisceau d'ions est découpé sur le réticule par réflexion. Pour ce faire, le faisceau ionique, ralenti jusqu'à atteindre une vitesse quasi nulle, est sélectivement réfléchi par interaction à distance avec des motifs en matériau semi-conducteur du réticule conformément aux micromotifs à réaliser, puis concentré à travers l'optique ionique de réduction et réglé en vitesse pour graver le revêtement de la couche sous-jacente. En variante, le faisceau peut ainsi être réaccéléré pour atteindre une énergie suffisante pour graver par exemple une résine ionosensible selon une gravure classique de type IPL.

Alternativement, le faisceau est mis en forme par transmission au travers d'un masque. Le faisceau d'ions passe alors à travers un réticule de type pochoir avant d'être concentré à travers l'optique ionique de réduction et décéléré pour graver la première couche du revêtement.

Le procédé de l'invention permet d'éviter la mise en œuvre des étapes liées au dépôt et à la révélation de la résine, en particulier des étapes de contrôle de son épaisseur et de limitation du fluage. En effet, les couches du revêtement étant déposées sous vide, leur contrôle en épaisseur est bien

maîtrisé et les problèmes liés à la topographie sous-jacente sont éliminés. Il est à souligner en particulier que la sensibilité et le contraste du revêtement sont sensiblement supérieurs à ceux des résines connues.

- L'invention concerne également un revêtement à fort contraste.
- 5 Ce revêtement est multicouche et comporte au moins un « bi-couche » formé d'une couche diélectrique et d'une sous-couche de matériau conducteur.

Lorsque la couche sous-jacente dans laquelle les micromotifs sont à graver, est formée d'un matériau diélectrique, le revêtement à fort contraste est préférentiellement constitué d'un bi-couche dont les épaisseurs relatives respectent la sélectivité de gravure du matériau conducteur par rapport au diélectrique.

Lorsque la couche sous-jacente est formée d'un matériau conducteur ou semi-conducteur, le revêtement est constitué soit d'un bi-couche formé d'une couche de matériau diélectrique et de la couche sous-jacente, soit 15 du bi-couche précédent (formé d'une couche de matériau diélectrique déposée sur une sous-couche de matériau conducteur). Les épaisseurs relatives des couches successives respectent la sélectivité de gravure des matériaux de ces couches et sont calculées à partir de l'épaisseur de la couche sous-jacente finale utilisée. Lorsque cette couche est fine, par exemple inférieure au micron 20 pour de l'aluminium, le simple bi-couche est avantageusement mis en œuvre pour utiliser des couches d'épaisseurs raisonnables.

L'invention concerne également un équipement de lithographie ionique, disposé dans une enceinte sous vide pour la mise en œuvre du procédé. Un tel équipement comporte une source de production d'un faisceau 25 d'ions de type ECR (initiales de « Electron Cyclotron Resonance », en dénomination anglo-saxonne) couplée à des moyens de sélection en charge, en densité, en vitesse et en direction des ions, ainsi qu'à des moyens de découpe à travers un réticule selon un profil correspondant aux micromotifs à graver et à des moyens de réglage de vitesse des ions disposés après 30 concentration par des moyens optiques de réduction du faisceau sélectionné et découpé.

Selon des modes particuliers de mise en œuvre :

- le substrat est monté sur des moyens mobiles selon deux directions orthogonales ;
 - le réticule est à réflexion et présente au moins une couche de matériau semi-conducteur apte à réfléchir les ions conformément aux micromotifs à réaliser, et dans lequel des moyens de décélération des ions sont disposés à l'approche du réticule ;
 - le réticule présente au moins deux couches, l'une de ces couches étant découpée selon les micromotifs à réaliser, soit une couche de matériau conducteur, par exemple en aluminium, tungstène, titane ou or, et une couche de matériau semi-conducteur, soit deux couches de matériau conducteur portées à deux potentiels électriques différents;
 - le réticule présente une couche superficielle de matériau conducteur sensiblement plane, découpée selon les micromotifs à réaliser par gravure des micromotifs ou de leurs contours, soit pour y noyer un matériau semi-conducteur réflecteur d'ions, soit pour définir des parties de couche portées à deux potentiels électriques différents;
 - le réticule est de type à transmission et est réalisé sous la forme d'un pochoir mécanique à fenêtres, les ions étant éventuellement ajustés en vitesse qu'à l'approche du revêtement de la tranche de semi-conducteur à graver ;
 - la source ECR produit des ions dont l'énergie cinétique est comprise entre 5 et 20 keV/q par application d'une tension d'extraction d'une dizaine de kilovolts ;
 - les ions générés sont des ions de gaz rares de charge uniforme, pris parmi les gaz Argon, Azote, Néon, Krypton et Xénon, les ions étant sélectionnés en nature et en direction par tri magnétique en fonction de leur rapport charge/masse, par exemple par spectromètre de masse ;
 - les ions produits sont des ions Argon de charge uniforme comprise, au sens large, entre +8 à +18 ;
- la densité des ions à l'approche du revêtement est comprise entre 10^8 et 10^{16} ions/cm².s, de préférence entre 10^{12} et 10^{15} ions/cm².s ;

- la direction et la densité des ions sont contrôlées par des moyens de réglage de la source d'ions et de réglage des dimensions du faisceau par l'application d'un champ électrique et/ou magnétique ;
 - 5 - une sélection fine des ions en direction, en vitesse et en parallélisme est réalisée respectivement par un scanner, par des moyens de filtrage de type passe-bande ou passe-haut à champ électrique, qui sélectionnent les ions en vitesse en fonction de leur énergie cinétique, et par des moyens de collimation, qui sélectionnent les ions en direction par élimination des ions dont la vitesse latérale est supérieure à un certain seuil ;
 - 10 les moyens de collimation sont constitués préférentiellement par une série de diaphragmes de diamètre millimétrique et distants de quelques dizaines de centimètres ;
 - des moyens de contrôle de l'uniformité de gravure comportent un détecteur de photons qui mesure le nombre, l'énergie et la position 15 d'émission des photons produits lors de l'interaction des ions avec la surface du substrat à graver.
 - la décélération des ions est obtenue par l'application d'un champ électrique contrôlé par une tension de décélération d'une dizaine de volts ;
 - 20 - le réticule à réflexion est disposé selon un plan incliné par rapport à la direction générale du faisceau incident et des moyens électromagnétiques sont prévus pour former des lignes de champ magnétique parallèles à la surface du réticule; l'intensité du courant est réglée pour que le champ magnétique dévie le faisceau d'ions perpendiculairement de la surface 25 du réticule.
- Un aspect particulier de l'invention concerne donc le réticule à réflexion, particulièrement mais non exclusivement adapté à un tel équipement. Le réticule à réflexion est formé d'un substrat plein, par exemple en quartz fondu ou formé d'une tranche de silicium ou équivalent, recouvert d'au moins 30 deux couches de matériau conducteur et semi-conducteur, la première couche nappant toute la surface du substrat et la ou les autre(s) couches étant découpées soit pour former des micromotifs soit pour laisser apparaître des zones sous-jacentes conformées selon ces micromotifs. Les zones

correspondant aux micromotifs sont en matériau semi-conducteur qui rétrodiffuse les ions par effet dit trampoline, les autres couches sont en matériau conducteur qui neutralise les ions.

Selon une variante, les couches sont en matériau conducteur et 5 portées à des potentiels électriques différents, tels que les zones correspondant aux micromotifs rétrodifusent les ions, les autres couches neutralisant les ions.

Selon une autre variante, le réseau à réflexion est formé d'un substrat plein, recouvert d'au moins une couche de matériau conducteur sensiblement plane nappant toute la surface du substrat. Cette couche est 10 gravée pour former soit les micromotifs à réaliser dans lesquels un matériau semi-conducteur réfléchissant les ions par effet trampoline est noyé, soit des contours des micromotifs à réaliser pour définir des parties de couche portées à des potentiels différents.

Le réseau à réflexion est réalisé par dépôt et gravure de 15 couches successives selon les techniques classiques de la pulvérisation cathodique, de la gravure ionique réactive et/ou de la lithographie électronique.

Selon une variante de réalisation, l'équipement précédent est couplé à d'autres chambres de dépôt et de gravure pour former un ensemble ou « cluster » (amas en terminologie anglo-saxonne), afin de graver par RIE les 20 couches du revêtement sous-jacentes à la première couche diélectrique, les chambres communiquant à travers un sas de liaison sous vide.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, relative à des exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux figures annexées qui 25 représentent respectivement :

- la figure 1, une vue en coupe schématique, perpendiculaire au plan du substrat à isoler, d'un exemple d'équipement de lithographie ionique selon l'invention ;
- les figures 2a à 2c, une vue en coupe schématique d'un 30 exemple de revêtement multicouche selon l'invention, illustrant la gravure d'une tranche de semi-conducteur à couche diélectrique ;

- la figure 3, une vue en coupe schématique d'un exemple de revêtement multicouche selon l'invention, illustrant la gravure d'une tranche de semi-conducteur à sous-couche métallique ; et
- 5 - la figure 4, une vue en coupe schématique d'un exemple de revêtement de surface à topographie complexe.

Sur les figures, les mêmes signes de référence désignent des éléments identiques.

L'équipement illustré en coupe sur la figure 1 est disposé dans une enceinte sous un vide poussé, de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-11} mbar, obtenu par 10 moyens de pompage connus.

L'équipement comporte une source 10 de faisceau d'ions, de type ECR. La source produit des ions Argon Ar¹⁴⁺ à basse énergie cinétique, de quelques keV/q (q étant le nombre de charges par ion), généralement de 1 à 20 keV/q, 10 keV/q dans l'exemple de mise en oeuvre. L'énergie cinétique 15 d'extraction est réglée par l'application d'une tension d'extraction, qui est égale à 10 kV dans le cas présent.

A la sortie de la source 10, les ions produits selon un faisceau F1 sont triés en charge, suivant leur rapport masse/charge, par un électroaimant de tri 20. Un spectromètre de masse réalise ce type de sélection.

20 Les paramètres de réglage de la source et des dimensions du faisceau d'ions sont par ailleurs ajustés par des moyens d'application de champ électrique ou magnétique, pour fournir le débit et la densité d'ions souhaités. La densité des ions est définie à partir du débit, c'est-à-dire par le nombre d'ions 25 par unité de surface et de temps. Dans le cas présent, la densité à la source est de 10^{12} ions/cm².s.

Un faisceau d'ions parallèle et homogène F2 est ensuite mis en forme à l'aide des moyens 30 qui sélectionnent les ions en direction, en vitesse et en parallélisme. Un pinceau est ainsi formé de la largeur du réticule 40, mesurée perpendiculairement au plan de la figure, et d'épaisseur de l'ordre de 30 0,5 à quelques millimètres, 1 mm dans l'exemple illustré.

Les moyens 30 sont composés d'un scanner, d'un filtre et de diaphragmes.

Un scanner à collection de charges contrôle la position du faisceau d'ions pour régler sa direction. Un scanner est formé d'un fil, d'une grille ou de plaques qui recueille les charges selon deux directions principales et orthogonales, afin de permettre un comptage des charges selon ces deux 5 directions. Ce comptage permet alors de mesurer les profils d'intensité et de repérer la position du faisceau.

Il est également possible d'utiliser un détecteur de photons permettant d'établir le profil d'intensité et la position du faisceau à partir des photons émis par les ions, lorsqu'ils interagissent soit avec le substrat soit avec 10 le fil, la grille ou les plaques d'un scanner. Un tel détecteur permet de contrôler l'uniformité de la gravure à réaliser.

Les ions sont sélectionnés en vitesse et en direction par des moyens constitués par :

- un filtre de type passe-bande ou passe-haut à champ 15 électrique, connu de l'homme de l'art, qui sélectionne les ions en fonction de leur énergie cinétique, les ions d'énergie égale à environ 10 keV/q étant sélectionnés dans cet exemple ; couplé à

- une série de diaphragmes, de diamètre de l'ordre du millimètre : ces moyens éliminent les ions dont la composante latérale de 20 vitesse, perpendiculaire à la direction générale du faisceau, est supérieure à une valeur donnée, correspondant ici à une énergie cinétique de 1 eV/q .

Le réticule 40 présente globalement une surface plane perpendiculaire au plan de la figure, et parallèle au substrat 60 de la couche sous-jacente à graver. Le réticule est de type à pochoir, le faisceau utile 25 traversant des fenêtres de transmission dont la découpe correspond en proportion aux micromotifs à graver, à un coefficient de grossissement près. Un faisceau F3 est ainsi sélectionné et découpé.

Le faisceau f3 traverse ensuite une optique ionique de réduction 50, de type électrostatique, afin de pouvoir graver des micromotifs, 30 par exemple de la taille de 50 nm. Suivant la dimension des plus petits micromotifs du réticule, par exemple 150, 200, ou 250 nm, un facteur de réduction adapté, égal à 3, 4 ou 5 dans cet exemple, est appliqué par la lentille 50.

La vitesse des ions est réduite à l'approche de la tranche de silicium à graver. Un champ électrique diminue l'énergie cinétique des ions à l'approche de la surface de la tranche de silicium 60 jusqu'à atteindre une valeur quasi nulle. Ce champ électrique est produit au milieu d'un condensateur plan formé par une électrode 70 et le réticule entre lesquels on applique une tension ΔU . Cette tension, réglée par un potentiomètre, est ajustée généralement entre 1 et 20 kV, 10 kV dans l'exemple.

Le faisceau d'ions réduit F4 se projette alors sur la surface de la tranche à graver 60. Cette surface résulte de la superposition d'une couche de SiO₂ 61a déposée sur le substrat 63, la couche 61a étant elle-même recouverte d'un revêtement multi-couche 62. La tranche est montée sur un double chariot 6 pour réaliser un balayage deux axes afin de couvrir toute la surface de la tranche. Ce type de chariot est habituellement mis en œuvre en photolithographie, pour permettre la diminution des surfaces dioptriques du fait de l'utilisation d'un faisceau plus étroit.

Le faisceau F4 éjecte sélectivement la matière du matériau diélectrique qui constitue la couche d'interaction du revêtement 62, comme cela est décrit ci-après. La couche diélectrique ainsi gravée, selon la forme de micromotifs souhaitée, va servir de masque pour une gravure RIE du reste du revêtement 62 dans une chambre de gravure annexe. La tranche de silicium est transportée dans cette chambre annexe à travers un sas de liaison.

Un réticule à réflexion peut être utilisé à la place du réticule à transmission. Un tel réticule à réflexion est formé d'une couche de matériau semi-conducteur et d'une couche de matériau conducteur déposées sur un substrat de quartz fondu. La couche de matériau semi-conducteur, réalisée à partir d'une lithographie électronique ou apparaissant à travers le masque de la couche conductrice selon les micromotifs à graver, réfléchit le faisceau d'ions ralenti dans les mêmes conditions que celles décrites ci-dessus. Cette réflexion des ions à proximité du matériau semi-conducteur est une rétrodiffusion provoquée par effet dit « trampoline ». Les autres ions, situés à proximité du matériau conducteur, sont neutralisés par des électrons provenant de ce matériau, puis éliminés par pompage.

La mise en œuvre de ce type de réticule utilise donc des ions décélérés avant interaction à travers un premier condensateur puis éventuellement ajustés en vitesse à travers un second condensateur après rétrodiffusion. Une réaccélération peut ainsi être produite lorsque, en variante,

5 le réticule est associé à un revêtement de type ionosensible afin de réaliser une gravure IPL. Ce condensateur crée alors un champ électrique d'accélération des ions jusqu'à atteindre une énergie cinétique de l'ordre de quelques dizaines de keV/q. Ce champ électrique est produit par une tension d'accélération $\Delta U'$, d'une dizaine de kV dans l'exemple, appliquée aux bornes du condensateur.

10 La tranche de silicium (ou plus généralement le substrat à traiter) est revêtue d'une couche sous-jacente de type diélectrique, par exemple de SiO₂, de type conducteur, par exemple d'aluminium, ou de type semi-conducteur comme du silicium polycristallin. La structure du revêtement multicouche est adaptée en fonction de la nature de la couche sous-jacente.

15 Dans tous les cas, ce revêtement se compose au minimum d'une première couche diélectrique, en surface d'interaction, par exemple de SiO₂, et une deuxième couche sous-jacente conductrice, par exemple en aluminium. D'autres couches diélectriques ou conductrices peuvent être prévues pour s'adapter à la nature de la couche sous-jacente.

20 Les figures 2a à 2c illustrent en vue en coupe schématique, un exemple de revêtement multicouche destiné à la gravure d'une tranche de semi-conducteur revêtue d'une couche diélectrique en SiO₂.

Sur la figure 2a, les ions du faisceau ralenti F4 arrivent à vitesse quasi nulle à proximité de la couche superficielle 621 du revêtement 62.

25 Ce revêtement recouvre la tranche de silicium à graver 60 de substrat 63 à couche sous-jacente diélectrique 61a.

Le revêtement 62 est formé de la couche superficielle de SiO₂ 621 et d'une sous-couche métallique d'aluminium 622, ces deux couches formant le bi-couche de base du revêtement 62. Le bi-couche est déposé sous

30 vide par tout moyen connu, par exemple par pulvérisation cathodique.

Les ions du faisceau F4 interagissent avec la matière diélectrique de la façon suivante : lorsqu'un ion Ar¹⁴⁺ arrive à proximité d'une zone Za de SiO₂ à graver, les électrons qui forment les liaisons de valence de

cette zone Za située en regard de l'ion, sont attirés par l'ion et les liaisons sont fragilisées. La zone Za est alors chargée positivement, ce qui crée entre les atomes de cette zone des forces de répulsion supérieures aux forces de cohésion de la matière : des agglomérats de matière 200, positivement chargés, sont ainsi éjectées de la couche diélectrique 621. On parle d'« explosion coulombienne ». Ces éjections creusent cette couche selon une tranchée droite dans la zone Za jusqu'à atteindre la surface supérieure de la sous-couche métallique 622.

L'intensité des forces de répulsion, et donc la capacité d'extraction de matière qui s'en déduit, dépend des caractéristiques du faisceau d'ions, et en particulier de sa densité de charges qui peut varier entre 10^8 à 10^{16} ions/cm².s, mais plus particulièrement entre 10^{12} et 10^{15} . Cette densité est contrôlée au niveau du substrat par la dimension du faisceau d'ions réglée par la lentille électrostatique unipolaire qui focalise ce faisceau.

Le processus d'éjection de matière est auto-stoppant lorsque la tranchée qui se creuse sous l'effet des expulsions de matière atteint la couche métallique. En effet, les ions chargés sont neutralisés par les électrons pompés dans cette couche, et l'expulsion de matière s'arrête faute de matière à éjecter.

Afin d'éviter l'obstruction des tranchées au cours de leur formation, les agglomérats éjectés 200, chargés positivement, sont extraits du fond des tranchées et collectés par un écran électrostatique, ou grâce à un champ électrique qui peut être appliqué à la surface du substrat.

La sous-couche métallique 622 est ensuite gravée par RIE, la couche diélectrique 621 découpée selon les zones de gravure Za formant le masque de gravure RIE. La figure 2b montre le résultat de cette gravure, en mettant en évidence les tranchées Zb formées par les deux gravures successives du bi-couche 62.

Les zones de gravure Zb servent à leur tour de masque à la gravure de la couche sous-jacente 61a du substrat 63. Comme illustré par la figure 2c, la couche d'interconnexion 61a est alors gravée conformément aux micromotifs correspondant au profil du faisceau F4 (figure 2a).

Les épaisseurs des couches sont calculées pour que, compte tenu de la sélectivité relative des matériaux utilisés, la couche sous-jacente

puisse avoir une épaisseur suffisante, compatible avec sa fonction. Dans le cas où la couche sous-jacente diélectrique 61a a une épaisseur au maximum égal à 60 µm, ce qui reste tout à fait exceptionnel, l'épaisseur du bi-couche peut rester dans des domaines de valeur raisonnables compte tenu de la sélectivité de 5 gravure RIE du métal par rapport au SiO₂. En effet, il suffit d'une épaisseur de couche diélectrique 621 de 20 nm, ce qui permet de réaliser une gravure par explosion coulombienne, pour qu'une épaisseur de couche d'aluminium sous-jacente de l'ordre de 0,6 µm corresponde en fait à une sélectivité limitée à 30 dans ce cas, afin d'avoir une bonne marge de sécurité. Une telle épaisseur 10 d'aluminium correspond bien une sélectivité de 100 pour la couche sous-jacente de 60 µm d'épaisseur.

Lorsque la couche sous-jacente est une couche métallique, par exemple en aluminium, le revêtement multicouche peut avoir par exemple la structure illustrée à la figure 3. Un tel revêtement comporte le bi-couche 62 15 déposé sur une couche diélectrique de SiO₂ intermédiaire 64, elle-même déposée sur la couche sous-jacente 61b. Dans ces conditions, la gravure d'une couche donnée sert de masque, avec l'ensemble des couches superficielles déjà gravées, à la couche sous-jacente. En particulier, la couche diélectrique 64 sert de masque de gravure de la couche SOUS-JACENTE métallique 61b.

A part la couche diélectrique superficielle 621 du bi-couche, qui 20 est gravée par les ions Ar¹⁴⁺ selon le procédé de l'invention, les autres couches sont gravées par RIE. La nature des couches du revêtement, qui se succèdent de la surface au substrat de silicium 63, est alternée de façon à permettre la conservation d'une épaisseur de couche sous-jacente suffisante, compte tenu 25 de la sélectivité relative des gravures successives.

Dans le cas présent, si la couche diélectrique et la couche 30 d'aluminium du bi-couche ont respectivement une épaisseur de 20 nm et 0,6 µm (sélectivité de 30), la couche sous-jacente de SiO₂ a avantageusement une épaisseur de 60 µm (sélectivité de 100) et la couche métallique d'interconnexion une épaisseur de 1,8 mm, si l'on tient compte de la sélectivité de gravure de l'aluminium par rapport au SiO₂ (prise égale à 30 pour conserver la même marge de sécurité que précédemment).

Une épaisseur de couche sous-jacente de cet ordre de grandeur est largement supérieure à ce qu'il est habituellement nécessaire pour ce type de couche en micro-électronique. En effet, de manière générale, l'épaisseur d'une couche d'aluminium utilisée en interconnexion est de l'ordre 5 de 0,5 à 1 µm. Il peut donc être justifié, dans tous les cas où la topographie de la couche d'interconnexion n'est pas trop complexe, de simplifier la structure du revêtement en utilisant la couche d'interconnexion métallique comme sous-couche conductrice du bi-couche.

La figure 4 illustre un tel revêtement simplifié. Si la couche 10 diélectrique 621 du bi-couche a une épaisseur de 20 nm, la gravure RIE de la couche métallique 61b, avec le masque obtenu par explosion coulombienne de la couche de SiO₂ 621, agit sans risque sur une épaisseur de 0,6 µm compte tenu d'une sélectivité sécuritaire de 30. Pour obtenir une épaisseur de 1 µm, il suffit de travailler avec une sélectivité de 50, ce qui est facile à obtenir en 15 optimisant les conditions de gravure RIE.

Lorsque la topographie de la tranche de silicium est très complexe, une planarisat^{ion} de celle-ci avant dépôt du revêtement pour réaliser la lithographie, est proposée de manière préférentielle afin de s'affranchir des problèmes évoqués en introduction. En référence à la figure 5, une couche de 20 polyimide planarisante 700 est déposée à l'aide des techniques classiques sur la tranche de silicium 630, regroupant pour simplifier le substrat et sa couche SOUS-JACENTE. En variante, cette couche planarisante peut être une résine photo ou ionosensible, utilisée ici pour son caractère planarisant et non pour sa sensibilité.

25 Le bi-couche 62 est ensuite déposé sous vide, puis la lithographie ionique par explosion coulombienne de la couche diélectrique 621 est déclenchée comme précédemment. La lithographie est suivie de la gravure RIE de la sous-couche métallique 622. Cette gravure précède la gravure de la couche planarisante 700 par RIE sous plasma d'oxygène. Enfin, la couche 30 d'interconnexion et/ou le substrat pourront être gravés selon les méthodes habituelles.

Afin de réaliser l'ensemble des dépôts de couches et de gravures de ces couches, une machine sous forme de cluster comportant

plusieurs chambres sous vide reliées par un sas est proposé. Une chambre est dédiée au dépôt successif sous vide du revêtement multicouche avec ou sans couche planarisante, une autre à la lithographie ionique par explosion coulombienne, d'autres encore aux différentes gravures RIE réalisée avec des 5 plasmas différents.

L'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits et représentés. Il est par exemple possible de prévoir des moyens de motorisation programmés et centralisés pour l'entraînement du chariot support de la tranche de silicium. Par ailleurs, le faisceau d'ions peut être rétrodiffusé 10 sur plusieurs réticules qui se succèdent afin de former un faisceau reproduisant une topographie de complexité supérieure.

REVENDICATIONS

1. Procédé de lithographie ionique sur substrat, notamment sur une tranche de matériau semi-conducteur recouvert d'une sous-couche, du type comportant une source d'ions (10) et un réticule (40) pour une mise en forme du faisceau d'ions (F3) dont le profil est découpé pour correspondre aux micromotifs à réaliser dans la couche sous-jacente, après concentration à travers une optique ionique réductrice (50), caractérisé en ce que, produits et traités sous vide, les ions sont décélérés après avoir été sélectionnés en charge, en vitesse, en direction, en densité et en ce que, après avoir découpé le faisceau sur le réticule selon le profil d'intensité souhaité, le faisceau ionique grave les micromotifs dans la première couche diélectrique (621) d'un revêtement multicouche d'interaction (62), déposé sous vide sur la couche sous-jacente (61a, 61b) pour servir de masque à au moins une gravure ionique réactive de type RIE destinée à former ces mêmes micromotifs dans la couche sous-jacente (61a, 61b).

2. Procédé de lithographie ionique selon la revendication 1, dans lequel le faisceau d'ions est mis en forme, après avoir été ralenti jusqu'à atteindre une vitesse quasi nulle, en étant réfléchi sélectivement par interaction à distance avec des motifs en matériau semi-conducteur du réticule conformément aux micromotifs à réaliser, le faisceau étant ensuite concentré à travers l'optique ionique réductrice.

3. Procédé de lithographie ionique selon la revendication 2, dans lequel la vitesse du faisceau à proximité du substrat à graver peut être réglée entre quasiment zéro et environ 100 keV/q pour graver le revêtement de la couche sous-jacente.

4. Procédé de lithographie ionique selon la revendication 1, dans lequel le faisceau est mis en forme par transmission en passant à travers un réticule de type pochoir (40) avant d'être concentré à travers l'optique ionique réductrice (50) et ralenti pour graver la première couche du revêtement (62).

5. Revêtement à fort contraste pour couche sous-jacente déposée sur un substrat, notamment une tranche de semi-conducteur pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des Revendications précédentes,

caractérisé en ce que ce revêtement (62) est multicouche (621, 622, 64) et comporte au moins un bi-couche formé d'une couche diélectrique (621) et d'une sous-couche de matériau conducteur ou semi-conducteur (622).

6. Revêtement à fort contraste selon la revendication 5,
5 caractérisé en ce que, lorsque la couche sous-jacente (61a) est formée d'un matériau diélectrique, il est constitué du bi-couche (621, 622) dont les épaisseurs relatives respectent la sélectivité de gravure du matériau conducteur par rapport au diélectrique.

7. Revêtement à fort contraste selon la revendication 5,
10 caractérisé en ce que, lorsque la couche sous-jacente est formée d'un matériau conducteur ou semi-conducteur (61b) en particulier d'épaisseur inférieure au micromètre, il est constitué du bi-couche formé d'une couche de matériau diélectrique (621) et de la couche sous-jacente (61b). a

8. Revêtement à fort contraste selon la revendication 5,
15 caractérisé en ce que, lorsque la couche sous-jacente est formée d'un matériau conducteur ou semi-conducteur (61b) en particulier d'épaisseur supérieure au micromètre, il est constitué du bi-couche, formé d'une couche de matériau diélectrique (621) déposée sur une couche de matériau conducteur ou semi-conducteur (622), déposé sur une couche de matériau diélectrique (61) qui sert
20 de masque à la gravure RIE de la couche sous-jacente (61b), les épaisseurs relatives des couches successives respectant la sélectivité de gravure des matériaux de ces couches et sont calculées à partir de l'épaisseur de la couche sous-jacente finale utilisée.

9. Equipement de lithographie ionique disposé dans une
25 enceinte sous vide, pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte une source de production d'un faisceau d'ions de type ECR (10) couplée à des moyens de sélection (20,30) en charge, en densité, en vitesse et en direction des ions, ainsi qu'à des moyens de mise en forme à travers un réticule (40) selon un
30 profil correspondant aux micromotifs à graver et à des moyens de réglage (70) de la vitesse des ions disposés après concentration par des moyens optiques de réduction (50) du faisceau (F3) sélectionné et mis en forme.

10. Equipement de lithographie ionique selon la revendication précédente, dans lequel la tranche de semi-conducteur (60) est montée sur des moyens mobiles (6) selon deux directions orthogonales.

11. Equipement de lithographie ionique selon l'une des 5 revendications 9 ou 10, dans lequel le réticule est à réflexion et présente au moins une couche de matériau semi-conducteur apte à réfléchir les ions conformément aux micromotifs à réaliser.

12. Equipement de lithographie ionique selon la revendication 10, dans lequel le réticule présente au moins une couche de matériau conducteur et une couche de matériau semi-conducteur, l'une de ces couches étant découpée selon les micromotifs à réaliser.

13. Equipement de lithographie ionique selon la revendication 11, dans lequel le réticule présente une couche de matériau conducteur découpée selon les micromotifs à réaliser pour y noyer un matériau semi-conducteur réflecteur d'ions, la surface du réticule étant alors sensiblement plane.

14. Equipement de lithographie ionique selon l'une des revendications 9 ou 10, dans lequel le réticule est de type à transmission (40) et est réalisé sous la forme d'un pochoir mécanique à fenêtres, l'énergie cinétique 20 des ions étant réglée à l'approche du revêtement (62) de la tranche de semi-conducteur à graver (60).

15. Equipement de lithographie ionique selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, dans lequel la décélération des ions est obtenue par l'application d'un champ électrique contrôlé par une tension de décélération 25 d'une dizaine de volts.

16. Equipement de lithographie ionique selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, dans lequel la source ECR (10) produit des ions dont l'énergie cinétique est comprise entre 5 et 20 keV/q par application d'une tension d'extraction d'une dizaine de kilovoûts.

30 17. Equipement de lithographie ionique selon l'une quelconque des revendications 8 à 16, dans lequel les ions générés sont des ions de gaz rares de charge uniforme, pris parmi les gaz Argon, Azote, Néon, Krypton et

Xénon, les ions étant sélectionnés en nature et en direction par tri magnétique (20) en fonction de leur rapport charge/masse.

18. Equipement de lithographie ionique selon la revendication précédente, dans lequel les ions produits sont des ions Argon de charge uniforme comprise, au sens large, entre +8 à +18.

19. Equipement de lithographie ionique selon l'une quelconque des revendications 9 à 18, dans lequel la densité des ions à l'approche du revêtement est comprise entre 10^8 et 10^{16} ions/cm².s, de préférence entre 10^{12} et 10^{15} ions/cm².s.

10 20. Equipement de lithographie ionique selon l'une quelconque des revendications 9 à 19, dans lequel la direction et la densité des ions sont contrôlées par des moyens de réglage de la source d'ions et de réglage des dimensions du faisceau par l'application d'un champ électrique et/ou magnétique.

15 21. Equipement de lithographie ionique selon l'une quelconque des revendications 9 à 20, dans lequel des moyens (30) de sélection fine des ions en direction, en vitesse et en parallélisme comportent respectivement un scanner, des moyens de filtrage de type passe-bande ou passe-haut à champ électrique, qui sélectionnent les ions en vitesse en fonction de leur énergie cinétique, et des moyens de collimation, qui sélectionnent les ions en direction par élimination des ions dont la vitesse latérale est supérieure à un certain seuil.

22. Réticule à réflexion pour un équipement selon la revendication 12, caractérisé en ce que le réticule à réflexion est formé d'un substrat plein, recouvert d'au moins deux couches soit de matériaux conducteur et semi-conducteur soit de matériaux conducteurs, la première couche nappant toute la surface du substrat et la ou les autre(s) couches étant découpées soit pour former des micromotifs soit pour laisser apparaître des zones sous-jacentes conformées selon ces micromotifs, les zones correspondant aux micromotifs rétrodiffusant les ions, les autres couches neutralisant les ions.

23. Réticule à réflexion pour un équipement selon la revendication 13, caractérisé en ce que le réticule à réflexion est formé d'un substrat plein, recouvert d'au moins une couche de matériau conducteur

nappant toute la surface du substrat, en ce que cette couche est gravée pour former les micromotifs à réaliser dans lesquels est noyé un matériau semi-conducteur réfléchissant les ions par effet trampoline.

24. Réticule à réflexion selon l'une des revendications 22 ou 23,
5 caractérisé en ce que la gravure est réalisée par pulvérisation cathodique, par gravure ionique réactive ou par lithographie électronique.

25. Equipement selon l'une quelconque des revendications 9 à
21, caractérisé en ce qu'il est couplé à d'autres chambres de dépôt et de
gravure pour former un cluster afin de graver par RIE les couches du
10 revêtement sous-jacentes à la première couche diélectrique, les chambres
communiquant à travers un sas de liaison sous vide.

1 / 3

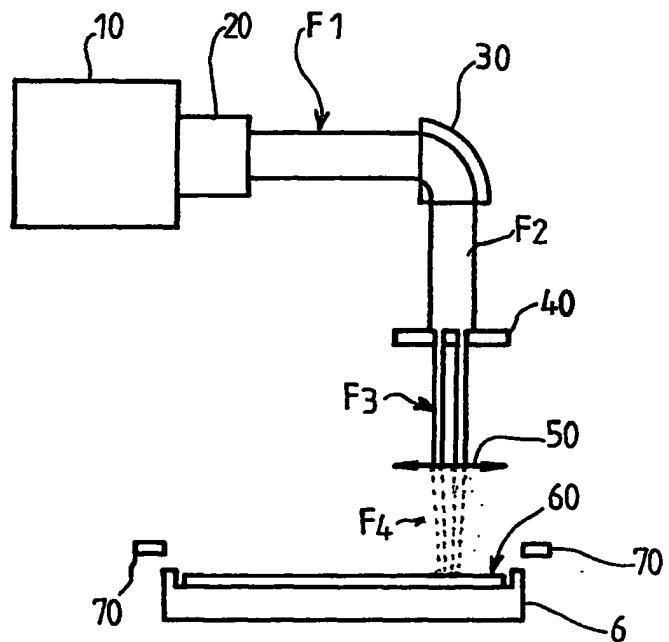


FIG.1

2/3

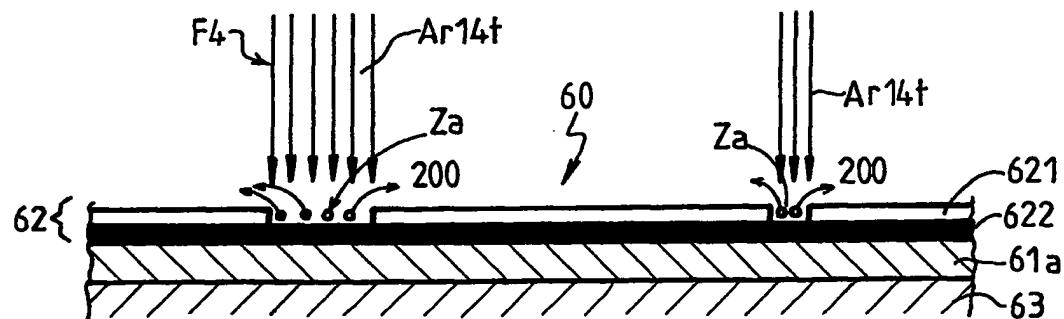


FIG.2a

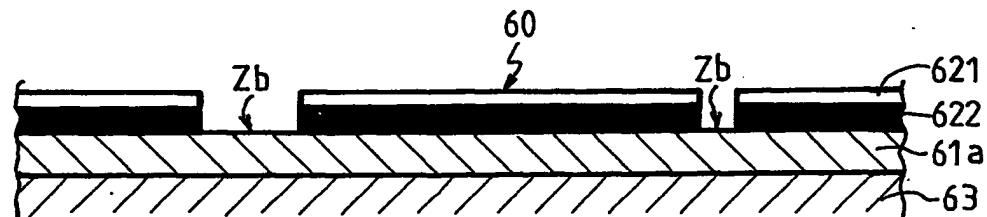


FIG.2b

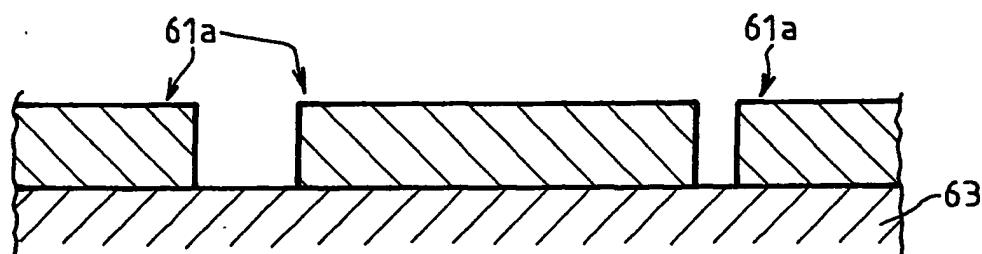


FIG.2c

3 / 3

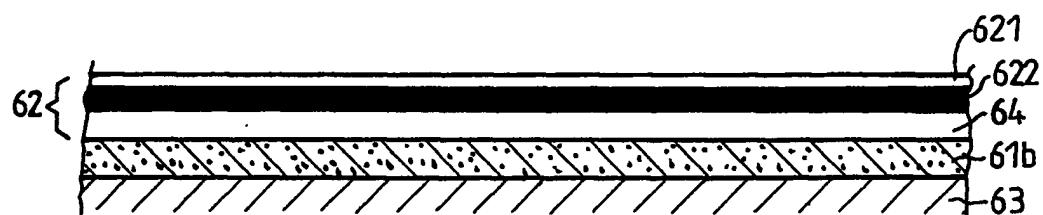


FIG.3

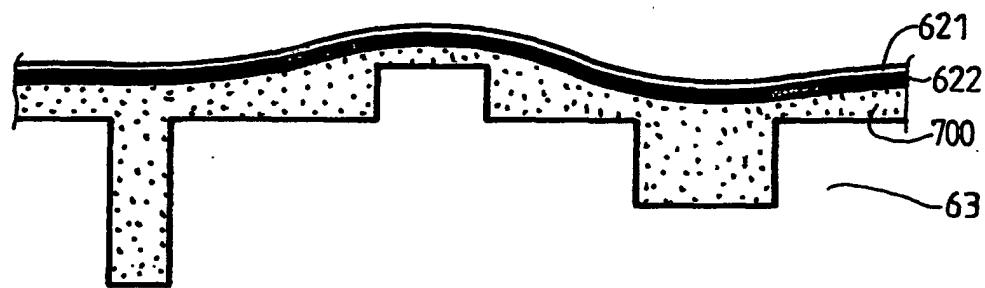


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.
PCT/FR 00/03392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G03F/20 H01J37/30 H01J37/305 H01J37/317

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G03F H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX, PAJ, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 477 992 A (SHIMADZU CORP) 1 April 1992 (1992-04-01) the whole document	1-4, 9-21,25
Y	US 4 894 549 A (STENGL GERHARD) 16 January 1990 (1990-01-16) the whole document	1-4, 9-21,25
X	EP 0 478 215 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 1 April 1992 (1992-04-01) the whole document	22-24
A	WO 99 13500 A (TOMIMATSU SATOSHI ;HITACHI LTD (JP); UMEMURA KAORU (JP); MADOKORO) 18 March 1999 (1999-03-18)	-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 March 2001

Date of mailing of the international search report

19/03/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haenisch, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In
onal Application No
PCT/FR 00/03392

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KINOKUNI M ET AL: "Development of wide range energy focused ion beam lithography system" JAPAN/US WORKSHOP ON FORMATION OF ION NANOBEMS, OSAKA, JAPAN, 16-20 NOV. 1997, vol. 16, no. 4, pages 2484-2488, XP000802587 Journal of Vacuum Science & Technology B (Microelectronics and Nanometer Structures), July-Aug. 1998, AIP for American Vacuum Soc, USA ISSN: 0734-211X	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l Application No

PCT/FR 00/03392

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0477992	A	01-04-1992		JP 2087292 C JP 4137728 A JP 8008245 B DE 69115818 D DE 69115818 T US 5518595 A	02-09-1996 12-05-1992 29-01-1996 08-02-1996 23-05-1996 21-05-1996
US 4894549	A	16-01-1990		AT 391771 B AT 50787 A AT 108575 T DE 3850590 D EP 0281549 A JP 63228555 A	26-11-1990 15-05-1990 15-07-1994 18-08-1994 07-09-1988 22-09-1988
EP 0478215	A	01-04-1992		JP 2957669 B JP 4137519 A DE 69123677 D DE 69123677 T KR 9514607 B US 5254417 A	06-10-1999 12-05-1992 30-01-1997 28-05-1997 11-12-1995 19-10-1993
WO 9913500	A	18-03-1999		NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D₁ - le Internationale No
PCT/FR 00/03392

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G03F/20 H01J37/30 H01J37/305 H01J37/317

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G03F H01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX, PAJ, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 0 477 992 A (SHIMADZU CORP) 1 avril 1992 (1992-04-01) le document en entier	1-4, 9-21,25
Y	US 4 894 549 A (STENGL GERHARD) 16 janvier 1990 (1990-01-16) le document en entier	1-4, 9-21,25
X	EP 0 478 215 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 1 avril 1992 (1992-04-01) le document en entier	22-24
A	WO 99 13500 A (TOMIMATSU SATOSHI ; HITACHI LTD (JP); UMEMURA KAORU (JP); MADOKORO) 18 mars 1999 (1999-03-18)	-/-

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou clé pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais clé pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

g document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 mars 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/03/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Haenisch, U

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dép. de Internationale No
PCT/FR 00/03392

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	KINOKUNI M ET AL: "Development of wide range energy focused ion beam lithography system" JAPAN/US WORKSHOP ON FORMATION OF ION NANOBEMS, OSAKA, JAPAN, 16-20 NOV. 1997, vol. 16, no. 4, pages 2484-2488, XP000802587 Journal of Vacuum Science & Technology B (Microelectronics and Nanometer Structures), July-Aug. 1998, AIP for American Vacuum Soc, USA ISSN: 0734-211X	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De e Internationale No

PCT/FR 00/03392

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
EP 0477992 A	01-04-1992	JP	2087292 C		02-09-1996
		JP	4137728 A		12-05-1992
		JP	8008245 B		29-01-1996
		DE	69115818 D		08-02-1996
		DE	69115818 T		23-05-1996
		US	5518595 A		21-05-1996
US 4894549 A	16-01-1990	AT	391771 B		26-11-1990
		AT	50787 A		15-05-1990
		AT	108575 T		15-07-1994
		DE	3850590 D		18-08-1994
		EP	0281549 A		07-09-1988
		JP	63228555 A		22-09-1988
EP 0478215 A	01-04-1992	JP	2957669 B		06-10-1999
		JP	4137519 A		12-05-1992
		DE	69123677 D		30-01-1997
		DE	69123677 T		28-05-1997
		KR	9514607 B		11-12-1995
		US	5254417 A		19-10-1993
WO 9913500 A	18-03-1999	AUCUN			